



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 48 509 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 21 C 7/18**  
G 21 C 7/36  
G 21 C 1/08  
G 05 D 3/00  
G 21 C 17/10

⑳ Aktenzeichen: 195 48 509.2  
㉑ Anmeldetag: 22. 12. 95  
㉒ Offenlegungstag: 3. 7. 97

DE 195 48 509 A 1

㉗ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

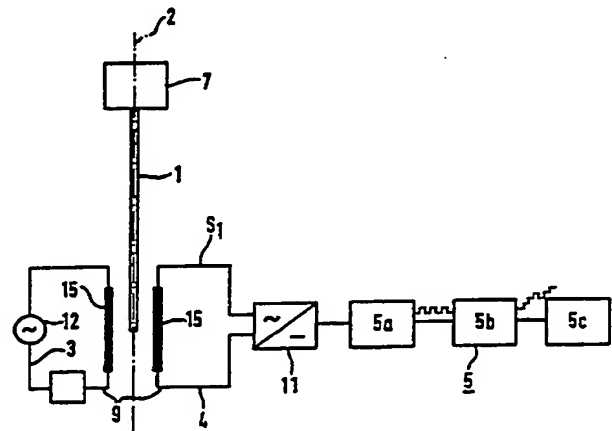
㉘ Erfinder:  
Reischl, Ludwig, Dipl.-Ing., 91094  
Langensendelbach, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 38 19 730 A1  
DE 31 05 258 A1  
DE-OS 22 42 951  
JP 6-3486 (A), (Abstract) P-1722, April 5, 1994, Vol. 18,  
No. 194;  
STRAIT, Bobby and LANG, Robert M.: »An Integrated circuit control-system for the PEWEE-Reactor«, in: IEEE Transaction on nuclear science, Vol. NS-16, H. 1, 1969, S. 227-231;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines Steuerstabes einer Kernkraftanlage

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung (10) zur Bestimmung der Position eines entlang einer Hauptachse (2) verschieblichen Steuerstabes (1) einer Kernkraftanlage. Der Steuerstab (1) beeinflusst in eindeutiger Weise ein in einer ersten Meßsignal-Einrichtung (4) durch eine Erregersignal-Einrichtung (3) erzeugtes erstes Meßsignal ( $S_1$ ). Zur Erzeugung des Meßsignals ( $S_1$ ) weist die Erregersignal-Einrichtung (3) sowie die erste Meßsignal-Einrichtung (4) jeweils eine Spule (15) auf, die miteinander galvanisch gekoppelt sind. Der Steuerstab (1) wird entlang der Hauptachse (2) in diskreten Verschiebungsschritten mit einer jeweils vorgebbaren Schrittweite ( $\Delta H$ ) verschoben. Eine durch die Verschiebung des Steuerstabes (1) auftretende Änderung des Meßsignals ( $S_1$ ) dient in einer Auswertereinrichtung (5) der Erfassung jedes ausgeführten Verschiebungsschrittes nach Richtung und Schrittweite, wobei aus der Anzahl der ausgeführten Verschiebungsschritte, deren jeweiligen Richtung und Schrittweite ( $\Delta H$ ) die tatsächliche Position des Steuerstabes (1) bestimmt wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung (10) zur Durchführung des Verfahrens.



DE 195 48 509 A 1

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines Steuerstabes einer Kernkraftanlage.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines entlang einer Hauptachse verschieblichen Steuerstabes einer Kernkraftanlage.

Bei einer Kernkraftanlage mit einem Reaktorkern, welcher zur Erzeugung thermischer Energie eine Mehrzahl von Brennelementen mit spaltbarem Material, wie Uran 235 oder Thorium 239 enthält, ist zur Regelung der thermischen Leistung des Reaktorkerns eine Mehrzahl von Steuerstäben vorgesehen. Ein jeweiliger Steuerstab enthält hierbei neutronenabsorbierendes Material, wie beispielsweise Cadmium, und ist zur Regelung oder vollständigen Unterbindung einer nuklearen Kettenreaktion zwischen einander benachbarte Brennelemente einführbar. Ein Brennelement ist hierbei entlang einer Hauptachse gerichtet, wobei der Steuerstab ebenfalls entlang der Hauptachse gerichtet und verschiebbar ist. Aus sicherheitstechnischen Gründen ist es wünschenswert, die Position jedes Steuerstabes möglichst genau, insbesondere mehrfach auf voneinander unabhängiger Art und Weise, zu bestimmen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Bestimmung der Position eines entlang einer Hauptachse verschieblichen Steuerstabes einer Kernkraftanlage anzugeben. Eine weitere Aufgabe besteht darin, eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position des Steuerstabes anzugeben.

Erfindungsgemäß wird die auf ein Verfahren gerichtete Aufgabe dadurch gelöst, daß eine Erregersignal-Einrichtung und eine erste Meßsignal-Einrichtung entlang der Hauptachse so angeordnet sind, daß durch den Steuerstab in der Meßsignal-Einrichtung ein erstes Meßsignal erzeugt wird, wobei der Steuerstab entlang der Hauptachse in diskreten Verschiebungsschritten jeweils mit einer vorgebbaren Schrittweite verschoben wird und in einer Auswerte-Einrichtung die Position des Steuerstabes derart ermittelt wird, daß über eine Änderung des Meßsignals jeder ausgeführte Verschiebungsschritt nach Schrittweite und Richtung erfaßt wird und die Anzahl der erfaßten Verschiebungsschritte als Grundlage für die Bestimmung der Position des Steuerstabes dient.

Bei einer Verschiebung des Steuerstabes um eine vorgegebene Schrittweite  $\Delta H$  erfolgt eine Änderung des ersten Meßsignales der ersten Meßsignal-Einrichtung. Aus dieser Änderung des Meßsignals ist über entsprechende Signalfiltermethode, beispielsweise durch Differenzierung, eindeutig ermittelbar, wann, in welche Richtung und mit welcher Schrittweite der Verschiebungsschritt des Steuerstabes tatsächlich ausgeführt wird. Die Erregersignal-Einrichtung und die erste Meßsignal-Einrichtung weisen hierzu vorzugsweise elektrische Komponenten mit zumindest einer Induktivität oder einer Kapazität auf, so daß durch das Vorhandensein des Steuerstabes sowie durch eine Verschiebung des Steuerstabes eine Beeinflussung eines elektrischen oder magnetischen Feldes zwischen der Erregersignal-Einrichtung und der ersten Meßsignal-Einrichtung erfolgt. Hierdurch wird das Meßsignal der ersten Meßsignal-Einrichtung durch den Steuerstab eindeutig beeinflusst. In der Auswerte-Einrichtung erfolgt vorzugsweise eine Aufsummierung der mit dem ersten Meßsignal erfaßten Verschiebungsschritte, wodurch exakt die Verschiebung des Steuerstabes von einer vorgegebenen Aus-

gangsposition erfaßt und dadurch die aktuelle Position des Steuerstabes bestimmt ist. Das Verfahren wird vorzugsweise für jeden Steuerstab einer Kernkraftanlage angewandt, so daß zu jeder Zeit während des Betriebes der Kernkraftanlage die Position sämtlicher Steuerstäbe bekannt ist. Bei einer Abschaltung, insbesondere Notabschaltung, der Kernkraftanlage ist somit für jeden Steuerstab individuell bestimmbar, wie seine Position bei der Abschaltung vorzugsweise zu verändern ist.

Vorzugsweise erfolgt eine Bestimmung der Position des Steuerstabes zusätzlich unmittelbar aus dem ersten Meßsignal  $S_1$ , wobei ausgenutzt wird, daß die jeweilige Position des Steuerstabes in Abhängigkeit der Erregersignal-Einrichtung ein eindeutiges Meßsignal in der Meßsignal-Einrichtung erzeugt. Der eindeutige Zusammenhang zwischen der Position des Steuerstabes und dem ersten Meßsignal ist anhand physikalischer Gesetzmäßigkeiten bekannt, insbesondere durch die Materialeigenschaften des Steuerstabes, wie magnetische Suszeptibilität, Dielektrizitätszahl, sowie der vorherrschenden Temperatur gegeben. Die Position kann auch durch Vergleich mit entsprechenden Referenz- oder Eichwerten in der Auswerte-Einrichtung ermittelt werden. Diese Bestimmung der Position unmittelbar aus dem aktuellen Wert des Meßsignals ist unabhängig von der Anzahl, der Schrittweite und der Richtung der jeweils durchgeführten Verschiebungsschritte und bildet somit eine zusätzliche, diversitäre Methode zur Bestimmung der Position des Steuerstabes.

Eine weitere zusätzliche und diversitäre Bestimmung der Position des Steuerstabes erfolgt über eine Aufsummierung der Verschiebungsschritte des Steuerstabes, welche von einer Steuereinrichtung durch einen jeweiligen Fahrbefehl an einen Antrieb des Steuerstabes abgegeben werden. Hierdurch wird die Position des Steuerstabes bestimmt, in welcher sich der Steuerstab befinden müßte, falls sämtliche Fahrbefehle durch den Antrieb des Steuerstabes richtig ausgeführt worden sind. Diese an sich fiktive Position des Steuerstabes wird in der Auswerte-Einrichtung bestimmt und vorzugsweise mit der unmittelbar über das Meßsignal bestimmten physikalischen Position und/oder der durch die tatsächlich erfaßten Verschiebungsschritte verglichen. Durch einen solchen Vergleich ist zudem eine Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Antriebes des Steuerstabes möglich.

Eine weitere diversitäre Bestimmung der Position des Steuerstabes erfolgt über eine zweite Meßsignal-Einrichtung, die entlang der Hauptachse angeordnet ist. Diese zweite Meßsignal-Einrichtung kann in Wechselwirkung mit der Erreger-Signal-Einrichtung oder einer eigenen zweiten Erregersignal-Einrichtung stehen. Auf jeden Fall wird in der zweiten Meßsignal-Einrichtung ein zweites Meßsignal erzeugt, welches bei einer Verschiebung des Steuerstabes eine charakteristische Änderung erfährt. Anhand dieser charakteristischen Änderung des zweiten Meßsignals sind Anzahl, Richtung und Schrittweite eines Verschiebungsschrittes des Steuerstabes erfaßbar. Durch Aufsummierung der erfaßten Verschiebungsschritte des Steuerstabes in der Auswerte-Einrichtung erfolgt unabhängig von der ersten Meßsignal-Einrichtung eine Ermittlung der gesamten Verschiebung des Steuerstabes aus einer vorgegebenen Ausgangsposition heraus. Die zweite Meßsignal-Einrichtung kann hierbei eine Einrichtung sein, die der Erfassung einer maximal zulässigen Position des Steuerstabes dient. Eine maximal zulässige Position des Steuerstabes ist beispielsweise die sogenannte obere Ent-

stellung des Steuerstabes, die die geodätisch höchste Position angibt, in die der Steuerstab aus den Brennelementen herausgezogen wird. Eine weitere maximal zulässige Position des Steuerstabes ist die sogenannte untere Endstellung, die die geodätisch tiefste Position angibt, in die der Steuerstab bewegt wird.

Die Erreger-Einrichtung sowie die erste Meßsignal-Einrichtung und/oder die zweite Meßsignal-Einrichtung weisen jeweils vorzugsweise eine Induktivität auf, so daß eine galvanische Kopplung zwischen der Erreger-Einrichtung und der jeweiligen Meßsignal-Einrichtung vorhanden ist. Die Induktivität ist hierbei vorzugsweise eine Spule, die sich entlang der Hauptachse erstreckt. Erreger-Einrichtung und erste Meßsignal-Einrichtung bilden vorzugsweise einen Transformator, in den der Steuerstab einführbar ist. Der Steuerstab bildet somit einen Transformator Kern, durch den eine in der Meßsignal-Einrichtung induzierte Spannung in eindeutiger Weise veränderbar ist. Es versteht sich, daß an den Steuerstab, ein in Richtung der Hauptachse gerichtetes Element befestigt sein kann, welches als Transformator- bzw. Spulenkern dient. Ein solches Element kann beispielsweise eine an dem Steuerstab befestigte metallische Stange oder ein metallisches Rohr sein. Es ist ebenfalls möglich, daß die Erreger-Einrichtung und die Meßsignal-Einrichtung über ein kapazitives Element gekoppelt sind. Hierbei kann durch eine Veränderung der Dielektrizitätszahl innerhalb des kapazitiven Elementes eine Beeinflussung des Meßsignals durch den Steuerstab erreicht werden. Als Meßsignal kann hierbei die Kapazität eines Kondensators dienen, welcher entlang der Hauptachse gestreckt ist und in den der Steuerstab bzw. ein entsprechendes an den Steuerstab gekoppeltes dielektrisches Element einführbar ist.

Die auf eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines Steuerstabes einer Kernkraftanlage gerichtete Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gelöst, welche eine Erregersignal-Einrichtung und eine erste Meßsignal-Einrichtung aufweist, welche entlang der Hauptachse so anordenbar sind, daß durch die Position des Steuerstabes sowie bei einer Verschiebung des Steuerstabes entlang der Hauptachse ein erstes Meßsignal in der ersten Meßsignal-Einrichtung erzeugbar ist, und welche Vorrichtung zusätzlich eine Auswerte-Einrichtung aufweist, in der über eine Änderung des ersten Meßsignals eine Erfassung jeder Verschiebung des Steuerstabes nach Richtung und Schrittweite sowie daraus eine Bestimmung der aktuellen Position des Steuerstabes erfolgt. Durch eine Erfassung der tatsächlich durchgeführten Verschiebungsschritte, insbesondere Verschiebungsschritte jeweils vorgegebener Schrittweite, ist eine genaue Bestimmung der Position des Steuerstabes gewährleistet. Durch Aufsummieren der Verschiebungsschritte in der Auswerteeinheit wird die tatsächliche Verschiebung des Steuerstabes von einer vorgegebenen Ausgangsposition ermittelt. Die Schrittweiten können jeweils eine unterschiedliche Größe haben, vorzugsweise sind sie einander gleich.

In der Auswerteeinrichtung ist vorzugsweise ein Vergleich der tatsächlich erfaßten Verschiebungsschritte mit denen Verschiebungsschritte durchführbar, welche von einer Steuereinrichtung durch entsprechende Fahrbefehle an den Antrieb des Steuerstabes übertragen werden. Hierdurch ist eine Überprüfung möglich, ob sämtliche Fahrbefehle von dem Antrieb vorschriftsmäßig ausgeführt werden und der Antrieb einwandfrei funktioniert.

Weiterhin erfolgt vorzugsweise in der Auswerteein-

richtung eine Bestimmung der jeweils aktuellen tatsächlichen Position des Steuerstabes unmittelbar aus dem Wert des Meßsignals. Da dieser Wert eindeutig durch die Position des Steuerstabes gegeben ist, ist die Position im Rahmen der Meßgenauigkeit unmittelbar aus dem Meßsignal bekannt. Die Position des Steuerstabes kann hierbei durch Vergleich des Meßsignals mit bei identischen äußeren physikalischen Bedingungen gewonnenen Referenzwerten erfolgen.

Die Erreger-Einrichtung sowie die erste Meßsignal-Einrichtung weisen jeweils eine Induktivität, insbesondere eine entlang der Hauptachse gerichtete Spule, auf, die galvanisch miteinander gekoppelt sind. Die galvanische Kopplung der Spulen wird wie bei einem Transformator durch das Ein- und Ausfahren eines Transformator Kerns, in diesem Fall des Steuerstabes, eindeutig beeinflusst. Die sich hierdurch ergebende Abhängigkeit des Meßsignals von dem Steuerstab dient der Ermittlung der tatsächlich durchgeführten Verschiebungsschritte des Steuerstabes und dadurch seiner genauen Position.

Vorzugsweise weist die Vorrichtung eine zweite Meßsignal-Einrichtung auf, die ein zweites Meßsignal liefert, welches bei einer Verschiebung des Steuerstabes eine Änderung erfährt. Diese Änderung dient wiederum der Ermittlung der tatsächlich durchgeführten Verschiebungsschritte.

Die Vorrichtung ist vorzugsweise in einer Leichtwasser-Kernkraftanlage eingesetzt, insbesondere mit einem Siedewasserreaktor oder einem Druckwasserreaktor. Sie eignet sich auch im Rahmen der Nachrüstung für sämtliche Kernkraftanlagen, die zur Bestimmung der Position eines Steuerstabes entsprechende Meßspulen aufweist.

Anhand des in der Zeichnung gezeigten Ausführungsbeispiels werden das Verfahren sowie die Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines Steuerstabes einer Kernkraftanlage näher beschrieben. Es zeigen in schematischer nicht maßstäblicher Darstellung

Fig. 1 und Fig. 2 jeweils einen Steuerstab einer Kernkraftanlage sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position des Steuerstabes.

In Fig. 1 ist schematisch ein sich entlang einer Hauptachse 2 erstreckender Steuerstab 1 einer Kernkraftanlage, insbesondere einer Druckwasser-Kernkraftanlage dargestellt. Der Steuerstab 1 ist zur Verschiebung entlang der Hauptachse 2 mit einem Antrieb 7 verbunden. Entlang der Hauptachse 2 sind sich gegenüberliegend eine Erregersignal-Einrichtung 3 und eine erste Meßsignal-Einrichtung 4 schematisch dargestellt. Die Erregersignal-Einrichtung 4 weist eine sich entlang der Hauptachse 2 erstreckende Spule 15 auf, welche an eine Wechselspannungsquelle 12 angeschlossen ist. Die erste Meßsignal-Einrichtung 4 weist ebenfalls eine sich entlang der Hauptachse 2 erstreckende Spule 15 auf, welche an einen Gleichrichter 11 angeschlossen ist. Der Gleichrichter 11 ist mit einer Auswerte-Einrichtung 5 verbunden, die eine Differenzier-Einheit 5a, eine Summier-Einheit 5b sowie eine Ausgabe- und Vergleichseinheit 5c aufweist. Es versteht sich, daß die Auswerte-Einrichtung 5 als gerätechische Einheit ausgeführt sein kann und insbesondere einen Rechner mit einem oder mehreren Rechnerprogrammen aufweisen kann. Die Erregersignal-Einrichtung 3 und die erste Meßsignal-Einrichtung 4 bilden einen Transformator 9, in den der Steuerstab 1 ein- und ausfahrbar ist. Durch die Erregersignal-Einrichtung 3 wird in der ersten Meßsignal-Einrichtung 4 eine Spannung induziert. Bei einer konstanten Wechselspannung der Erregersignal-Einrichtung 3 ist die induzierte

Spannung direkt durch den Steuerstab 1 beeinflussbar. Jede Verschiebung des Steuerstabes 1 verursacht eine Änderung der induzierten Spannung, die das erste Meßsignal  $S_1$  darstellt. Diese Änderung der induzierten Spannung  $S_1$  wird in der Differenzier-Einheit 5a in einen Spannungsimpuls vorgegebener Höhe und Breite umgesetzt. In der Summiereinheit 5b werden die Spannungsimpulse der Differenzier-Einheit 5a aufsummiert. In der Ausgabe und Vergleichseinheit 5c wird aus den aufsummierten Signalen der Summiereinheit 5b die gesamte Verschiebung des Steuerstabes 1 bestimmt. Diese Verschiebung ergibt gerechnet von einer vorgegebenen Ausgangsposition die aktuelle Position des Steuerstabes 1. Jede weitere Verschiebung des Steuerstabes 1 führt zu einer erneuten Bestimmung der dann von dem Steuerstab 1 angenommenen Position. Da der Steuerstab 1 vorzugsweise um jeweils dieselbe vorgegebene Schrittweite  $\Delta H$  verschoben wird, ist in der Auswerteeinrichtung 5 lediglich eine Erfassung der Verschiebungsschritte ohne gesonderte Bestimmung der Schrittweite erforderlich. Es ist durch eine entsprechende Auswertung ebenfalls möglich, bei Verwendung unterschiedlicher vorgegebener Schrittweiten  $\Delta H_1$ ,  $\Delta H_2$  etc. bei einem Verschiebungsschritt die jeweils durchgeführte vorgegebene Schrittweite  $\Delta H_1$ ,  $\Delta H_2$  zu ermitteln.

In Fig. 2 ist schematisch eine Vorrichtung 10 zur Bestimmung der Position eines Steuerstabes 1 dargestellt, die die bereits in Fig. 1 beschriebenen Einrichtungen 3, 4, 5, 7 sowie weitere Einrichtungen 5d, 6 aufweist. Insofern wird in der nachfolgenden Darlegung auf die bereits beschriebenen Einrichtungen 3, 4, 5, 7 nicht weiter detailliert eingegangen. Geodätisch ober- und unterhalb der Spule 15 der ersten Meßsignal-Einrichtung 4 ist jeweils eine sich ebenfalls entlang der Hauptachse 2 erstreckende Spule 15 einer Endstellungsanzeige 13a, 13b angeordnet. Die untere Endstellungsanzeige 13b sowie die zugeordnete Spule 15 sind Teil einer zweiten Meßsignal-Einrichtung 8 zur Erzeugung eines zweiten Meßsignals  $S_2$ , welches unabhängig von dem ersten Meßsignal  $S_1$  der ersten Meßsignal-Einrichtung 5 die Bestimmung der Position des Steuerstabs 1 ermöglicht. Durch den Steuerstab 1 wird das Meßsignal  $S_2$  jeder der Endstellungsanzeigen 13a, 13b beeinflusst. Jede Spule 15 ist über einen Gleichrichter 11 mit der jeweiligen zugeordneten Endstellungsanzeige 13a, 13b verbunden. Die obere Endstellungsanzeige 13a gibt an, wenn der Steuerstab 1 seine geodätisch höchste Position erreicht hat, d. h. wenn er vollständig aus einem nichtdargestellten Brennelement herausgezogen ist. Die untere Endstellungsanzeige 13b dient der Anzeige der geodätisch tiefsten Position des Steuerstabes 1, d. h. wenn dieser vollständig in ein nichtdargestelltes Brennelement eingefahren ist. Die untere Endstellungsanzeige 13b ist mit der Auswerteeinrichtung 5 verbunden, welche für das zweite Meßsignal  $S_2$  der unteren Endstellungsanzeige 13b eine entsprechende Differenzier-Einheit 5a und eine Summiereinheit 5b aufweist. Das zweite Meßsignal  $S_2$  wird analog zu dem ersten Meßsignal  $S_1$  der ersten Meßsignal-Einrichtung 4 in der Auswerte-Einrichtung 5 verarbeitet, so daß über das zweite Meßsignal  $S_2$  ebenfalls die physikalisch tatsächlich von dem Steuerstab 1 eingenommene Position erfaßt wird. Das erste Meßsignal  $S_1$  wird zudem einer Positionermittlungseinheit 5d zugeleitet. Hierin wird aus dem aktuellen Wert des ersten Meßsignals  $S_1$  unter Berücksichtigung der Temperatur der Erregersignal-Einrichtung 3 die aktuelle Position des Steuerstabes 1 ermittelt. Die Position des Steuerstabs 1 ist somit zumindest dreifach diversitär bestimmbar. Die

Auswerte-Einrichtung 5 liefert somit eine sichere Aussage über die Position des Steuerstabes 1.

Der Antrieb 7 des Steuerstabes 1 ist mit einer Steuereinheit 6 verbunden, welche ihrerseits in das Regelsystem 14 der Kernkraftanlage eingebunden ist. Die Steuereinheit 6 ist mit der Auswerte-Einrichtung 5 verbunden. Die Steuereinheit 6 überträgt an den Antrieb 7 jeweils einen Fahrbefehl, welcher angibt, in welche Richtung und mit welcher Schrittweite  $\Delta H$  der Steuerstab 1 zu verschieben ist. Ein durch den jeweiligen Fahrbefehl definierter Verschiebungsschritt wird ebenfalls der Auswerte-Einrichtung 5 zugeführt. Hierbei erfolgt in der Ausgabe- und Vergleichseinheit 5c eine Aufsummierung der Verschiebungsschritte, durch welche die gesamte Verschiebung des Steuerstabes 1 bestimmt ist. Diese an sich fiktive Verschiebung stimmt mit der tatsächlichen Verschiebung dann überein, wenn von dem Antrieb 7 sämtliche Fahrbefehle vollständig und richtig ausgeführt werden. Mit der Auswerte-Einrichtung 5 ist somit auch eine Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Antriebes 7 gegeben. Die Steuereinheit 6 ist darüber hinaus mit der Differenzier-Einheit 5a, welcher das erste Meßsignal  $S_1$  zugeführt wird, verbunden. Hierdurch ist unmittelbar überprüfbar, ob ein von der Steuereinheit 6 an den Antrieb 7 abgegebener Fahrbefehl tatsächlich ausgeführt wird. Es läßt sich somit durch die Auswerte-Einrichtung 5 genau ermitteln und aufzeichnen, welche Fahrbefehle durch den Antrieb 7 richtig ausgeführt werden. Die Steuereinheit 6 ist zudem mit der Positionsbestimmungseinheit 5d verbunden. Es versteht sich von selbst, daß die Auswerte-Einrichtung 5 mit dem Regelsystem 14 der Kernkraftanlage sowie weiteren Einrichtungen, wie Ausgabemedien (Drucker, Bildschirm) verbunden sein kann. Weiterhin versteht es sich von selbst, daß die Auswerte-Einrichtung 5 auf einem Rechnersystem als Rechnerprogramm installiert sein kann, als elektronische Bauteile sowie beispielsweise aus sicherheitstechnischen Gründen in voneinander getrennten Einheiten vorliegen kann.

Die Erfindung zeichnet sich durch ein Verfahren zur Bestimmung der Position eines Steuerstabes einer Kernkraftanlage aus, in dem eine durch eine Verschiebung des Steuerstabes bewirkte Veränderung in einem Meßsignal zur Bestimmung der tatsächlich ausgeführten Verschiebungsschritte des Steuerstabes verwendet wird. Das Meßsignal wird vorzugsweise durch eine galvanische Kopplung zweier Spulen erzeugt, wobei diese Kopplung durch den Steuerstab in eindeutiger Weise beeinflusst wird. Durch Verwendung von zwei oder mehr Spulen zur Erzeugung voneinander unabhängiger Meßsignale ist das Verfahren mehrfach redundant ausführbar. Das Verfahren ermöglicht zudem eine diversitäre Bestimmung der Position des Steuerstabes dadurch, daß unter Berücksichtigung der zugrundeliegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten eine eindeutige Beziehung zwischen dem Wert des Meßsignals und der Position des Steuerstabes hergestellt wird. Eine weitere diversitäre Bestimmung der Position des Steuerstabes erfolgt durch eine Aufsummierung der Verschiebungsschritte, welche von einer Steuereinheit an einen Antrieb des Steuerstabes übertragen werden. Das Verfahren ist für Steuerstäbe von Druckwasserreaktoren und Siedewasserreaktoren sowohl im Rahmen von Neukonstruktionen als auch im Rahmen von Nachrüstungen einfach realisierbar.

1. Verfahren zur Bestimmung der Position eines entlang einer Hauptachse (2) verschieblichen Steuerstabs (1) einer Kernkraftanlage, dadurch gekennzeichnet, daß eine Erregersignal-Einrichtung (3) und eine erste Meßsignal-Einrichtung (4) entlang der Hauptachse (2) so angeordnet sind, daß durch den Steuerstab (1) in der ersten Meßsignal-Einrichtung (4) ein erstes Meßsignal ( $S_1$ ) erzeugt wird, wobei der Steuerstab (1) entlang der Hauptachse (2) in diskreten Verschiebungsschritten jeweils mit einer vorgebbaren Schrittweite ( $\Delta H$ ) verschoben wird und in einer Auswerte-Einrichtung (5) die Position des Steuerstabs (1) derart ermittelt wird, daß für jeden ausgeführten Verschiebungsschritt eine Änderung des ersten Meßsignals ( $S_1$ ) erfaßt wird und daraus die Anzahl und jeweilige Richtung der ausgeführten Verfahrensschritte ermittelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar aus dem ersten Meßsignal ( $S_1$ ), insbesondere durch Vergleich mit Eich- oder Referenzwerten, die Position des Steuerstabs (1) entlang der Hauptachse (2) zusätzlich bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß von einer Steuereinrichtung (6) ein jeweiliger Fahrbefehl an einen Antrieb (7) des Steuerstabs (1) zur Ausführung eines Verschiebungsschrittes abgegeben und in der Auswerte-Einrichtung (5) aus Anzahl, Richtung und Schrittweite ( $\Delta H$ ) der abgegebenen Fahrbefehle die Position des Steuerstabs (1) zusätzlich bestimmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch einen zeitlich korrelierten Vergleich der Abgabe eines Fahrbefehls der Steuereinrichtung (6) und der Erfassung einer tatsächlich erfolgten Verschiebung des Steuerstabs (1) über eine entsprechende Änderung des ersten Meßsignals ( $S_1$ ) die Ausführung des Fahrbefehls durch den Antrieb (7) überprüft wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß entlang der Hauptachse (2) eine zweite Meßsignal-Einrichtung (8) angeordnet ist, in der durch den Steuerstab (1) ein zweites Meßsignal ( $S_2$ ) erzeugt wird, welches unabhängig von dem ersten Meßsignal ( $S_1$ ) bei Verschiebung des Steuerstabs (1) eine Änderung erfährt, so daß aus diesem zweiten Meßsignal ( $S_2$ ) Anzahl, Richtung und Schrittweite ( $\Delta H$ ) der Verschiebungsschritte des Steuerstabs (1) und daraus die Position des Steuerstabs (1) zusätzlich bestimmt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Erregersignal-Einrichtung (3) und die Meßsignal-Einrichtung (4, 8) einen Transformator (9) bilden, so daß eine Induktionsspannung als Meßsignal ( $S_1$ ,  $S_2$ ) erzeugt wird.
7. Vorrichtung (10) zur Bestimmung der Position eines entlang einer Hauptachse (2) verschieblichen Steuerstabs (1) einer Kernkraftanlage, mit einer Erregersignal-Einrichtung (3) und einer ersten Meßsignal-Einrichtung (4), die entlang der Hauptachse (2) so anordenbar sind, daß durch die Position des Steuerstabs (1) und bei einer Verschiebung des Steuerstabs (1) entlang der Hauptachse (2) ein

erstes Meßsignal ( $S_1$ ) in der ersten Meßsignal-Einrichtung (4) erzeugbar ist, und weiterhin mit einer Auswerte-Einrichtung (5) in der über eine Änderung des ersten Meßsignals ( $S_1$ ) eine Erfassung jeder Verschiebung des Steuerstabs (1) nach Schrittweite ( $\Delta H$ ) und Richtung sowie daraus eine Bestimmung der aktuellen Position des Steuerstabs (1) erfolgt.

8. Vorrichtung (10) nach Anspruch 7, mit einer Steuereinrichtung (6), durch die ein jeweiliger Fahrbefehl zur Durchführung eines Verschiebungsschrittes des Steuerstabs (1) mit vorgebbarer Richtung und Schrittweite ( $\Delta H$ ) an einen Antrieb (7) des Steuerstabs (1) und mit zusätzlich an die Auswerte-Einrichtung (5) zur Ermittlung der Position des Steuerstabs (1) übertragbar ist.

9. Vorrichtung (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswerte-Einrichtung (5) ein Vergleich zwischen den über die Steuereinrichtung (6) abgegebenen und den durch das erste Meßsignal ( $S_1$ ) erfaßten tatsächlichen Verschiebungsschritten erfolgt.

10. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Meßsignal-Einrichtung (4) und die Erregersignal-Einrichtung (3) einen Transformator (9) bilden.

11. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Meßsignal-Einrichtung (8) vorgesehen ist, die so entlang der Hauptachse (2) anordenbar ist, daß in Abhängigkeit der Position und der Verschiebung des Steuerstabs (1) über die Erregersignal-Einrichtung (3) und/oder eine zweite Erregersignal-Einrichtung (3a) ein zweites Meßsignal ( $S_2$ ) erzeugbar ist.

12. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 7 bis 11, in einer Leichtwasser-Kernkraftanlage, insbesondere mit einem Siedewasserreaktor oder einem Druckwasserreaktor.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

**BEST AVAILABLE COPY**

**- Leerseite -**

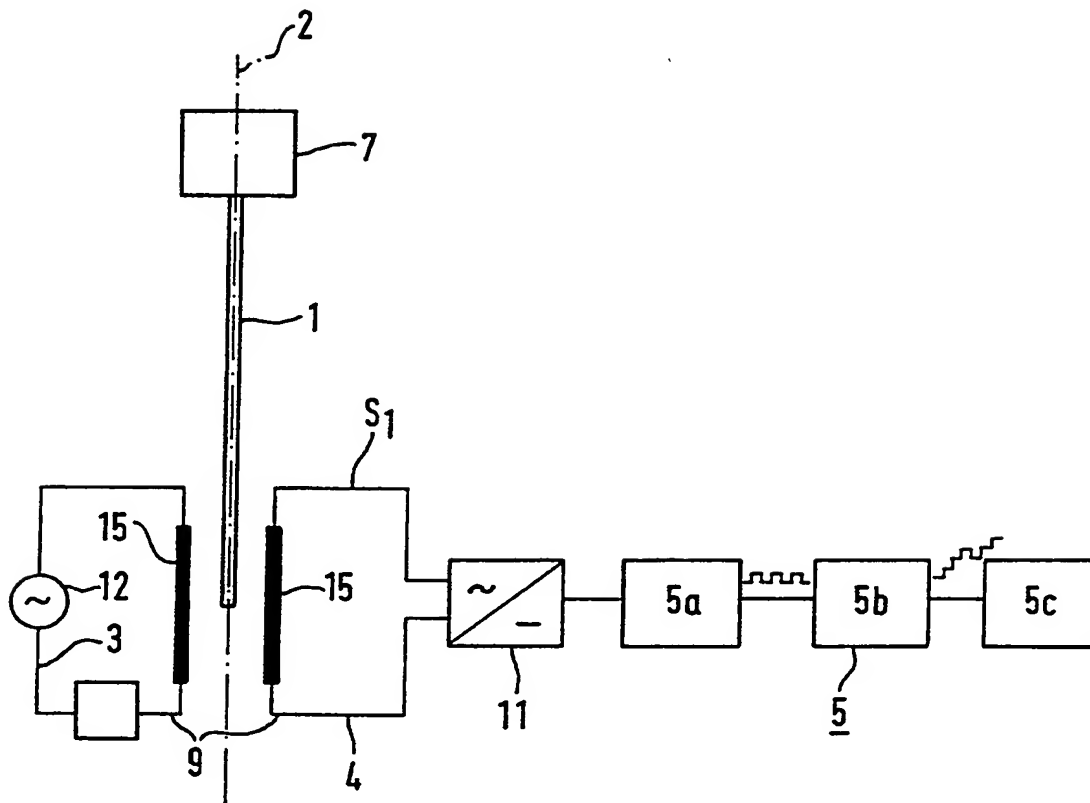


FIG 1

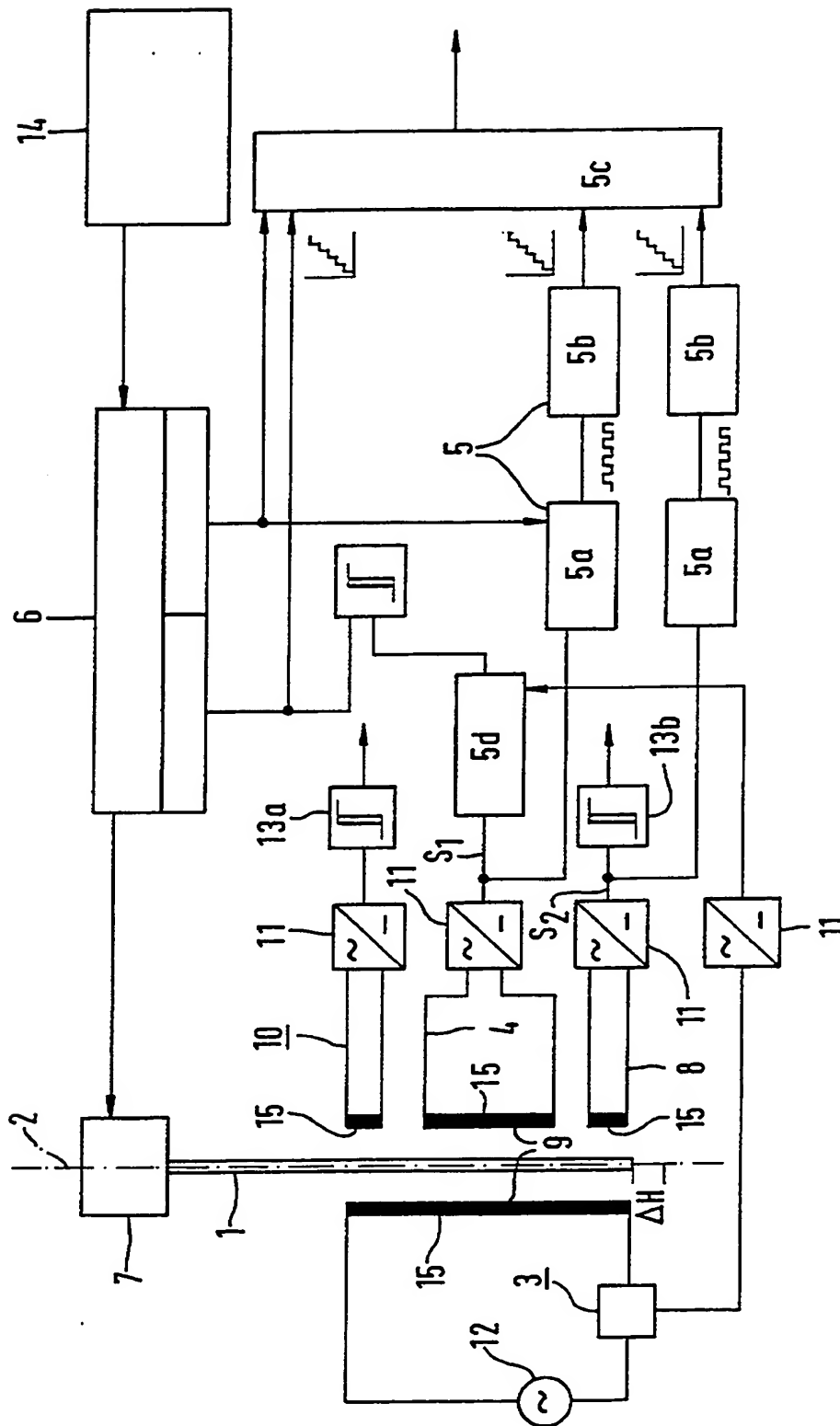


FIG 2